Excellence scientifique • Protection et conservation des ressources • Bénéfices aux Canadiens
Scientific Excellence • Resource Protection & Conservation • Benefits for Canadians

L'alimentation du maquereau bleu *(Scomber scombrus)* dans le golfe du St-Laurent et sur le plateau néo-écossais, avec une application du test de Mantel

François Grégoire et Martin Castonguay

Division de la Recherche sur les pêches
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne C.P. 1000
850, route de la mer Mont-Joli (Québec)
G5H 3Z4

Avril 1989

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques
No 1673

Pêches et Océans Fisheries and Oceans

Canada

89-02852/

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Rapport technique canadien des
sciences halieutiques et aquatiques
N° 1673

Avril 1989

L'alimentation du maquereau bleu (Scomber scombrus) dans le golfe du St-Laurent et sur le plateau néo-écossais, avec une application du test de Mantel

François Grégoire et Martin Castonguay

Division de la Recherche sur les pêches
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000
Mont-Joli (Québec)
G5H 3Z4

Ministère des Approvisionnements et Services Canada 1989

No de cat. Fs 97-6/0000F ISSN 0706-6570
On devra citer la publication comme suit:

Grégoire, F. et M. Castonguay. 1989. L'alimentation du maquereau bleu (Scomber scombrus) dans le golfe du St-Laurent et sur le plateau néo-écossais, avec une application du test de Mantel. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1673 : vi + 23.

TABLE DES MATIERES

	Pages
LISTE DES TABLEAUX	IV
LISTE DES FIGURES	V
RÉSUMÉ/ABSTRACT	VI
INTRODUCTION	1
MATÉRIEL ET MÉTHODES	1
RÉSULTATS	3
Comparaison entre les zones	3
Comparaison entre les saisons	3
Comparaison entre les classes de taille	4
Diversité alimentaire	4
Comparaisons multivariables de l'alimentation	4
DISCUSSION	4
REMERCIEMENTS	6
RÉFÉRENCES	6

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		Pages
1	Liste des stations d'échantillonnage, positions, dates et nombre d'estomacs prélevés (années 1979 et 1980 combinées).....	8
2	Résumé des données biologiques des maquereaux aux 18 stations d'échantillonnage.....	10
3	Pourcentages d'occurrence des diverses proies constituant le régime alimentaire du maquereau pour chacune des zones (IPE = Ile-du-Prince-Edouard, CHA = Baie des Chaleurs, ECO = Nouvelle-Ecosse, EME = Bassin Emerald, ERE = Ile-du-Cap-Breton.....	12
4	Fréquences numériques (%) moyennes des proies constituant le régime alimentaire du maquereau pour chacune des zones (IPE = Ile-du-Prince-Edouard, CHA = Baie des Chaleurs, ECO = Nouvelle-Ecosse, EME = Bassin Emerald, ERE = Ile-du-Cap-Breton)	13
5	Pourcentages d'occurrence des diverses proies constituant le régime alimentaire du maquereau pour chacune des saisons	14
6	Fréquences numériques (%) moyennes des proies constituant le régime alimentaire du maquereau pour chacune des saisons	15
7	Pourcentages d'occurrence des diverses proies constituant le régime alimentaire du maquereau pour chaque classe de taille (classe 1: ≤34.5 cm, classe 2: >34.5 et <38.7 cm, classe 3: ≥38.7 cm).....	16
8	Fréquences numériques (%) moyennes des proies constituant le régime alimentaire du maquereau pour chaque classe de taille (classe 1: ≤34.5 cm, classe 2: >34.5 et <38.7 cm, classe 3: ≥38.7 cm).....	17
9	Statistiques générales de l'indice de diversité Shannon-Wiener pour chaque zone et saison et test de rang Kruskal-Wallis (avec approximation du Chi-carré) vérifiant l'égalité de l'indice par saison	18
10	Probabilités de la statistique Z de Mantel sous l'hypothèse nulle d'absence de relation entre les matrices de similarité et de modèle lors des comparaisons de zones. Les probabilités sont significatives près de 0 et de 1	19
11	Probabilités de la statistique Z de Mantel sous l'hypothèse nulle d'absence de relation entre les matrices de similarité et de modèle lors des comparaisons des saisons. Les probabilités sont significatives près de 0 et de 1	20
12	Probabilités de la statistique Z de Mantel sous l'hypothèse nulle d'absence de relation entre les matrices de similarité et de modèle selon les classes de longueur pour toutes les zones ou toutes les saisons. Les probabilités sont significatives près de 0 et de 1	21

LISTE DES FIGURES

Figure		Pages
1	Carte de la côte est canadienne illustrant la position des 18 stations d'échantillonnage	22
2	Classification des diverses proies rencontrées lors de la présente étude. Le trait pointillé indique le niveau systématique utilisé	23

RÉSUMÉ

On a étudié les contenus stomacaux de 359 maquereaux bleus (Scomber scombrus) récoltés en 1979 et en 1980 dans cinq zones du golfe du Saint-Laurent et du plateau néo-écossais et au cours de trois saisons. Les méthodes d'occurrence et numérique ont indiqué que l'alimentation est dominée dans l'ordre par les copépodes (surtout des Temoridae), les larves, les nématodes, et les décapodes. Une baisse saisonnière de la diversité alimentaire a été observée. On a aussi effectué des comparaisons multivariables non paramétriques du régime alimentaire entre les zones, entre les saisons, et entre trois classes de taille de maquereau au moyen du test de Mantel. Des différences significatives d'alimentation ont été rapportées entre toutes les paires de zones non adjacentes et entre les saisons, mais non entre les classes de taille.

ABSTRACT

We analysed gut contents of 359 Atlantic mackerel (Scomber scombrus) collected in 1979 and 1980 over three seasons and in five areas of the Gulf of St. Lawrence and the Scotian Shelf. Generally, occurrence and numerical methods indicated that copepods (especially Temoridae), larvae, nematods, and decapods dominate the diet. A downward seasonal trend in prey diversity was also observed. Multivariate non parametric comparisons among areas, among seasons, and among three size classes of mackerel were performed using the Mantel test. Significant diet differences were found between all non-adjacent pairs of areas and between seasons, but not between size classes.

INTRODUCTION

L'alimentation du maquereau bleu (Scomber scombrus) du nord-ouest de l'Atlantique n'a jamais été étudiée de façon systématique et exhaustive. Mackay (1976) rapporte que durant l'été, le régime alimentaire du maquereau dans le golfe du St-Laurent, tout en étant varié, est constitué en général de zooplancton avec une prédominance de copépodes. Il a en outre remarqué que de grosses proies (capelan, hareng juvénile, larves de poissons, euphausides et crevettes) étaient consommées le printemps près des côtes de la Nouvelle-Ecosse. Kulka et Stobo (1981) ont trouvé que les maquereaux d'âge 0, capturés en novembre et décembre sur le plateau néo-écossais et le banc George, se nourrissaient surtout d'euphausides alors que ceux qui étaient plus âgés consommaient plutôt des amphipodes. Ils ont aussi noté que 17% des estomacs contenaient des larves de poissons. Le caractère opportuniste du maquereau en ce qui a trait à son alimentation a été décrit par Moores et al. (1975) pour la région de Terre-Neuve. Malgré le faible nombre d'estomacs analysés, ces auteurs ont noté la présence de capelans dans la diète alimentaire pour les mois d'été, mois durant lesquels le capelan est abondant dans cette région. Maurer (1976) a étudié l'alimentation du maquereau sur la côte est américaine. En plus d'y avoir présenté la liste des 38 proies les plus importantes dans l'alimentation du maquereau, il a comparé aussi la diète du maquereau avec celle du hareng.

L'objectif premier du présent rapport est de décrire et de caractériser l'alimentation du maquereau pour différentes régions du golfe du Saint-Laurent et du plateau néo-écossais, à différentes saisons, et pour différentes classes de taille. Un deuxième objectif consiste à comparer statistiquement les diètes dans le temps et l'espace et entre des classes de taille.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'analyse des contenus stomacaux a été réalisée pour 359 maquereaux capturés par la pêche commerciale en 1979 et 1980. L'échantillonnage s'est fait à 18 stations de la côte est canadienne (Figure 1). La localisation de ces stations, les dates d'échantillonnage ainsi que le nombre d'estomacs prélevés sont indiqués au Tableau 1. Les diverses données biologiques caractérisant les poissons échantillonnés sont présentées au Tableau 2.

Le travail d'identification des contenus stomacaux a été réalisé par la firme Plansearch. Les taxons ont été représentés par des familles, par des ordres et parfois même par des niveaux systématiques supérieurs (Figure 2). Certaines familles peu fréquentes ont été regroupées. C'est le cas des Acartiidae, des Aetideidae, des Metridiidae de l'ordre des CALANOIDA (notées ici par autres Calanoida) et des Oithonidae et Corycaeidae des ordres CYCLOPOIDA et POECILOSTOMATOIDA (notées ici par autres Copepoda). Les classes GASTEROPODA et BIVALVIA sont aussi regroupées (notées ici par MOLLUSCA). Les larves de poissons et d'invertébrés n'ont pas été séparées lors de l'analyse et ont été regroupées sous le taxon larves non identifiées.

Des critères géographiques et temporels ont servi au regroupement des stations en cinq zones et trois périodes de temps. La première zone, celle du l'Ile-du-Prince-Edouard, était constituée des stations suivantes: Alberton, Alberton Off, Anse Richibucto, Cove Head, North Point, Miminigash, Read Head, Souris et Tignish. Dans la seconde zone, celle de la Baie des Chaleurs, se retrouvaient les stations de Caraquet, Carleton et Shippagan. Les stations de Louisbourg et de Queensport formaient la troisième zone, l'Ile-du-Cap-Breton, alors que les stations l'Anse Boutillier, Baie St-Margaret et West Dover constituaient la zone de la Nouvelle-Ecosse. La dernière zone, le Bassin Emerald était représentée par la station portant le même nom.

Les stations ont aussi été regroupées selon les saisons, soit: le printemps pour les stations échantillonnées entre le 28 mai et le 20 juin, et l'été et l'automne pour les stations échantillonnées du 26 juin au 5 septembre et du 26 septembre au 6 novembre respectivement. Un dernier regroupement a caractérisé trois classes de longueur définies par les quartiles 1 (34.5 cm) et 3 (38.7 cm), déterminés à partir des fréquences de longueur de tous les individus.

La composition alimentaire a été exprimée sous forme de pourcentages d'occurrence et de fréquences numériques. La méthode d'occurrence renseigne sur le pourcentage d'estomacs où l'on retrouve chaque type de proies. Cette méthode est rapide et simple mais apporte moins d'information quant à la quantité relative de chaque proie dans l'estomac (Hyslop 1980). Cette quantité relative peut s'exprimer sous forme de fréquences numériques. Pour chaque estomac, le nombre d'organismes représentant une proie a été converti en pourcentage par rapport au nombre total d'organismes présents dans l'estomac (Hyslop 1980).

La diversité alimentaire a été exprimée par l'indice de Shannon-Wiener (Berg 1979). Nous avons retenu cet indice en raison de sa grande sensibilité à détecter les changements de diversité d'échantillons de plancton (Frame 1974). Il se définit comme suit:

$$H = -C \sum_{i=1}^{s} (N_i N^{-1}) \log (N_i N^{-1})$$

où:

C = constante positive
S = nombre de types de proies
Ni = nombre de particules par type de proie
N = nombre total de particules par estomac

Nous avons fait des comparaisons du régime alimentaire en utilisant la statistique Z multivariable et non paramétrique de Mantel (Mantel et Valand 1970; Legendre 1987) qu'on retrouve dans le logiciel R (Legendre 1985). Cette statistique teste l'hypothèse nulle d'absence de relation entre deux matrices de similarité ou de distance, X et Y, constituées de la réunion des objets des deux groupes différents que l'on désire comparer. Toutes les paires possibles de zones, de saisons et de classes de taille ont ainsi été regroupées. Les abondances des proies ont été converties en pourcentages (Jaenicke et al. 1987).

Les matrices X ont été construites à l'aide du coefficient de similarité de Gower. Ce coefficient a été utilisé parce qu'il considère l'emploi des doubles zéros comme une absence d'information plutôt que comme un élément de similarité. Cette distinction en fait une mesure bien adaptée aux données quantitatives d'abondance où les doubles zéros sont souvent présents (Legendre et Legendre 1984). Les matrices Y ou modèles, ont été construites de façon similaire à ce qu'à présenté Hudon et Lamarche (sous presse). Ces matrices, faites de 0 et 1, expriment une différence complète du régime alimentaire entre les deux groupes comparés.

Un rejet de l'hypothèse nulle signifie la présence d'une relation entre les deux matrices. Dans ce cas, on conclut que les deux groupes comparés dans une matrice X ont des diètes différentes, puisque la matrice Y correspondante exprime une différence complète des diètes. La statistique Z se définit comme suit (Legendre 1987):

$$Z = \sum_{i} \sum_{j} X_{ij} \; Y_{ij} \qquad i \neq j$$

Sa forme normalisée, utilisée lors des calculs d'un corrélogramme de Mantel, est (Legendre 1987):

$$R = \sum_{ij} [(X_{ij} - \bar{X}) S_x^{-1}] [(Y_{ij} - Y) \bar{S}_y^{-1}] \qquad i \neq j$$

Lorsque le nombre d'objets est inférieur à

120, les probabilités se définissent à partir d'une distribution théorique de la statistique créée à partir des permutations de lignes ou de colonnes de la matrice X ou Y (simulations de Monte Carlo). Lorsque le nombre d'objets est supérieur à 120, une approximation de t est utilisée (Legendre 1985).

RÉSULTATS

COMPARAISON ENTRE LES ZONES

Les témoridés (COPEPODA) ont été les proies que l'on retrouve le plus souvent dans les estomacs (Tableau 3). Avec un pourcentage d'occurrence moyen de 69.1%, ils ont devancé les autres calanoïdes (COPEPODA) (57.8%) ainsi que les nématodes, les calanidés (COPEPODA), les pseudocalanidés (COPEPODA) et les décapodes (MALACOSTRACA) qui étaient présents dans moins de 40% des estomacs. Les larves non identifiées (61.1%) ainsi que les écailles de poissons (39.3%) avaient aussi des présences élevées contrairement aux kinorhynques, aux mysidacés (MALACOSTRACA), aux cirripèdes et aux oeufs d'invertébrés dont le pourcentage d'occurrence moyen était inférieur à 5%.

A l'exception des contenus stomacaux provenant de l'Ile-du-Cap-Breton, les témoridés se retrouvaient dans plus de 60% des estomacs (97.1% pour le Bassin Emerald) (Tableau 3). Les autres calanoïdes se retrouvaient aussi dans plus de 60% des estomacs pour l'Ile-du-Prince-Edouard, la Baie des Chaleurs et le Bassin Emerald. De plus, les pseudocalanidés et les décapodes étaient surtout présents dans les estomacs provenant du Bassin Emerald alors que les nématodes étaient abondants surtout en Nouvelle-Ecosse (Tableau 3). Les variations des valeurs d'occurrence d'une zone à l'autre étaient similaires pour les copépodes et les décapodes. Cependant, par rapport à ces derniers, les changements étaient inversés pour les nématodes, les larves non identifiées ainsi que les écailles de poissons.

Les fréquences numériques moyennes étaient élevées pour les témoridés, les calanidés et les autres calanoïdes des contenus stomacaux de l'Ile-du-Prince-Edouard et pour les témoridés, les autres calanoïdes et les euphausiacés des contenus provenant de la Baie des Chaleurs (Tableau 4). Il en allait de même des nématodes pour ceux de la Nouvelle-Ecosse et des témoridés et des cladocères pour ceux du Bassin Emerald. A l'Ile-du-Cap-Breton, les fréquences numériques étaient plus élevées pour les larves non identifiées, les centropagidés et les nématodes. On remarque aussi que les fréquences numériques varient de façon inverse d'une zone à l'autre entre les copépodes et les nématodes.

COMPARAISON ENTRE LES SAISONS

Les valeurs les plus élevées des pourcentages d'occurrence, pour les estomacs recueillis au printemps, se retrouvaient pour les nématodes (72.2%) et les larves non identifiées (90.0%) (Tableau 5). Les pourcentages les plus élevés se retrouvaient de plus pour les autres calanoïdes (51.2%), les témoridés (68.3%) et les larves non identifiées (62.4%) des estomacs d'été et pour les autres calanoïdes (76.6%), les centropagidés (65.6%), les témoridés (82.8%) et les écailles de poissons (90.6%) des estomacs d'automne (Tableau 5). Le pourcentage d'occurrence de certaines de ces proies augmentait du printemps à l'automne. C'est le cas par exemple des autres calanoïdes, des centropagidés, des pseudocalanidés, des amphipodes, des témoridés et des écailles de poissons. Le phénomène inverse s'est produit pour les nématodes, les cirripèdes, les oeufs de poissons et les larves non identifiées. De plus, les fréquences numériques moyennes des proies pour l'ensemble des saisons étaient élevées pour les témoridés (34.6%), les nématodes (18.6%), les autres calanoïdes (11.7%) et les larves non identifiées (9.7%) (Tableau 6). Du printemps à l'automne, les fréquences de ces proies augmentaient dans le cas des nématodes et les larves non identifiées. Le phénomène inverse se produit par contre pour les autres calanoïdes, les pseudocalanidés et les témoridés.

COMPARAISON ENTRE LES CLASSES DE TAILLE

L'alimentation était similaire entre les trois classes de taille, tant au niveau des pourcentages d'occurrence que des fréquences numériques (Tableaux 7 et 8). Les pourcentages d'occurrence et les fréquences les plus élevés se retrouvaient pour les nématodes, les autres calanoïdes, les témoridés, les larves non identifiées et les écailles de poissons (Tableaux 7 et 8). Le pourcentage d'occurrence (Tableau 7) et les fréquences numériques (Tableau 8) des kinorhynques, mollusques, mysidacés, cirripèdes et oeufs d'invertébrés étaient les plus faibles.

DIVERSITE ALIMENTAIRE

Pour les estomacs recueillis au printemps, l'indice moyen de diversité de la Baie des Chaleurs (0.38), était le moins élevé comparativement à 0.95 et 1.00 pour l'Ile-du-Prince-Edouard et la Nouvelle-Ecosse (Tableau 9). L'indice était significativement différent entre ces trois zones (test Kruskal-Wallis, $p<0.05$). Pour les estomacs recueillis en été et en automne, les plus faibles indices se retrouvaient pour l'Ile-du-Prince-Edouard (0.38), le Bassin Emerald (0.41) puis pour la Nouvelle-Ecosse (0.37). Pour ces saisons, les indices étaient statistiquement différents entre les zones (tests Kruskal-Wallis, $p<0.001$).

La Nouvelle-Ecosse a été la seule zone échantillonnée aux trois saisons. L'indice moyen de diversité y diminuait du printemps à l'automne. Il en était de même pour l'Ile-du-Prince-Edouard du printemps à l'été et pour l'Ile-du-Cap-Breton de l'été à l'automne.
Des augmentations de l'indice moyen s'observaient cependant pour la Baie des Chaleurs (du printemps à l'été) et le Bassin Emerald (de l'été à l'automne). Finalement, l'indice était significativement différent d'une saison à l'autre pour l'ensemble des données.

COMPARAISONS MULTIVARIABLES DE L'ALIMENTATION

Le régime alimentaire des poissons a été comparé entre toutes les paires de zones avec le test de Mantel (Tableau 10). Des différences significatives ont été observées entre toutes les paires de zones ($p<0.01$), à l'exception des paires adjacentes Ile-du-Prince-Edouard - Baie des Chaleurs, et Nouvelle-Ecosse - Bassin Emerald. Des différences ont aussi été observées lorsque la comparaison du régime alimentaire s'est faite entre les saisons ($p<0.05$; Tableau 11).

Le régime alimentaire a aussi été comparé entre les classes de taille définies auparavant. Les résultats des tests de Mantel du Tableau 12 ont indiqué en fait qu'il n'y avait pas de différence dans l'alimentation entre les classes pour l'ensemble des individus ($p>0.05$). Les mêmes résultats ont été observés lorsque les estomacs ont été séparés par zone ou par saison.

DISCUSSION

Les copépodes, et plus spécifiquement les témoridés, contribuent de façon importante à l'alimentation du maquereau. On les retrouve souvent et en grand nombre dans les estomacs provenant des différentes zones et saisons. En plus des copépodes, les larves non identifiées, les nématodes, et les décapodes sont aussi des proies importantes. La présence d'écailles de poissons indique que le maquereau est également piscivore. Contrairement à ce que Maurer (1976) a rapporté, les ptéropodes n'ont pas été rencontrés dans cette étude. Dans l'étude de Maurer (1976), ces derniers contribuaient autant en poids que les copépodes mais demeuraient beaucoup moins nombreux et étaient presque tous de la même espèce.

Il aurait été intéressant de quantifier la

proportion de larves de maquereaux parmi les larves non identifiées pour évaluer l'importance du cannibalisme dans l'alimentation. Cependant, l'identification à l'espèce de larves provenant de contenus stomacaux est difficile en raison de la décomposition causée par la digestion. L'injection de formol directement dans l'estomac au moment de la capture aurait permi de pallier partiellement à ce problème, en arrêtant la digestion.

L'ingestion des différentes proies répertoriées devait avoir eu lieu peu de temps avant la capture, car selon Lambert (1985), le temps de vidange complet des estomacs, pour des maquereaux adultes nourris de capucettes (Menidia menidia), est d'environ 28 heures.

Les tests de Mantel n'ont pas fait ressortir de différence alimentaire entre certaines zones adjacentes, alors que des différences ont été observées entre les zones plus éloignées. Si l'on suppose que la composition des organismes ingérés est le reflet de la composition des organismes présents dans le milieu, nous serions alors en présence de trois grandes régions ou masses d'eau: la région du plateau néo-écossais (partie sud-ouest de la Nouvelle-Ecosse), la région de l'Ile-du- Cap-Breton et la région de la partie ouest du golfe du St-Laurent. La composition du plancton changerait entre chacune de ces grandes régions et ceci se reflèterait dans la composition des proies.

Les pourcentages d'occurrence et les fréquences numériques des proies importantes varient d'une saison à l'autre. Il est intéressant de noter une relation inverse dans les changements d'occurrence et de fréquence numérique de certaines proies. Chez les nématodes, un pourcentage d'occurrence élevé et une fréquence numérique faible au printemps laisse croire que leur distribution tend à être homogène. A l'automne, l'inverse se produit, indiquant que leur distribution est plutôt contagieuse. Cette supposition pourrait se vérifier par un échantillonnage de la communauté planctonique.

Il est important de souligner qu'à cause du patron d'échantillonnage, les comparaisons temporelles peuvent aussi inclure de la variabilité spatiale et vice-versa. Par exemple, le fait que les zones n'ont pas été échantillonnées aux mêmes temps peut introduire de la variabilité temporelle indésirable dans la comparaison entre les zones.

Aucune différence alimentaire ne s'observe entre les classes de taille. Sette (1950) affirme que le maquereau se nourrit de deux façons différentes. Les plus petits organismes seraient filtrés alors que les plus gros (e.g. euphausiacés et larves de poissons) seraient activement poursuivis et ingérés. Une analyse des contenus stomacaux sur une plus grande gamme de tailles aurait peut-être permi de mettre en lumière des différences alimentaires en fonction de la taille.

La diversité alimentaire moyenne par saison, calculée à partir du Tableau 9, diminue du printemps à l'automne. Legendre et Legendre (1984) précisent que lorsque le nombre d'espèces proies ne varie pas dans le temps (comme c'est ici le cas), la diversité augmente lorsque le nombre d'individus par espèce tend à être le même. La diminution saisonnière de l'indice que l'on observe indiquerait donc des différences dans les nombres d'individus d'espèces proies. Cela mettrait en relief des différences de phase dans les cycles d'abondance des diverses proies. Une telle explication devra cependant être étayée par une comparaison entre la diversité alimentaire des proies ingérées et la diversité de la nourriture présente et disponible dans le milieu. Une description de la communauté planctonique lors des échantillonnages de contenus stomacaux apporterait des éclaircissements sur la sélectivité alimentaire du maquereau.

La présente étude a permis, en plus de mettre en évidence les principales proies caractérisant l'alimentation du maquereau, de comparer sa diète dans le temps et l'espace. Ceci soulève certaines interrogations intéressantes. Ainsi l'importance de la prédation du

maquereau sur ses propres oeufs et larves pourrait être quantifiée en tant qu'un mécanisme régulateur de la population par une cueillette d'estomacs au moment de la fraie.

Idéalement, toute étude alimentaire devrait s'accompagner d'un échantillonnage en parallèle de la communauté planctonique. En comparant l'abondance des proies ingérées et des organismes présents dans le milieu, il devient possible d'établir un indice de sélectivité alimentaire. Dans le cas du maquereau, il pourrait s'avérer intéressant de quantifier cette sélectivité et d'y étudier la variabilité tout au long d'une saison et en fonction de la taille des individus.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Diane Archambault pour les conseils judicieux qu'elle nous a donnés au cours de la rédaction de ce rapport, ainsi que Jean-Jacques Maguire pour avoir initié cette étude.

RÉFÉRENCES

Berg, J. 1979. Discussion of methods of investigating the food of fishes with reference to a preliminary study of the prey of Gobiusculus flavescens. Mar. Biol. 50: 263-273.

Frame, D.W. 1974. Feeding habits of young winter flounder (Pseudopleuronectus americanus): prey availability and diversity. Trans. Am. Fish. Soc. 103: 261-269.

Hudon, C. et G. Lamarche. Ecological interactions of the American lobster (Homarus americanus) and the rock crab (Cancer irroratus) in various habitat off Magdalene Islands, Gulf of St. Lawrence. Mar. Ecol. Prog. Ser. (sous presse).

Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis - a review of methods and their application. J. Fish Biol. 17: 411-429.

Jeanicke, H.W., M.S. Hoffman et M.L. Dahlberg. 1987. Food habits of Sockeye salmon (Oncorhynchus nerka) fry and Threespine Stickelback (Gasterosteus aculeatus) in Lake Nunavaugaluk, Alaska, and a strategy to improve Sockeye salmon survival and growth, p. 161-175. In H.D. Smith, L. Margolis et C.C. Wood (éd.) Sockeye salmon population biology and future management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 96.

Kulka, D.W. et W.T. Stobo. 1981. Winter distribution and feeding of mackerel on the Scotian Shelf and outer Georges Bank with reference to the winter distribution of other finfish species. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1038: 38p.

Lambert, T.C. 1985. Gastric emptying time and assimilation efficiency in Atlantic mackerel (Scomber scombrus). Can. J. Zool. 63: 817-820.

Legendre, L. et P. Legendre. 1984. Ecologie numérique, 2ième ed. La structure des données écologiques. Masson, Paris et les Presses de l'Université du Québec. 335p.

Legendre, P. 1985. The R package for multivariate data analysis. Département des Sciences biologiques. Université de Montréal. 43p.

Legendre, P. 1987. Organisation spatiale des communautés biologiques: importance pour les théories de gestion des écosystèmes. 26p. In Comptes-rendus de la conférence

européenne "Diversité biologique-Un défi pour la Science, l'Economie et la Société". Dublin, Irlande.

Mackay, K.T. 1976. Population biology and aspects of energy use of the northern population of Atlantic mackerel, Scomber scombrus L. Thèse de Ph.D., Université Dalhousie.

Mantel, N. et R.S. Valand. 1970. A technique of non-parametric multivariate analysis. Biometrics 26: 547-558.

Maurer, R. 1976. Annual meeting-June 1976. A preliminary analysis of inter-specific trophic relationships between the Sea herring, Clupea harengus Linnaeus and the Atlantic mackerel, Scomber scombrus Linnaeus. ICNAF Res. Doc. 76/VI/121: 22p.

Moores, J.A., G.H. Winters et L.S. Parsons. 1975. Migration and biological characteristics of Atlantic mackerel (Scomber scombrus) occurring in Newfoundland waters. J. Fish. Res. Board Can. 32: 1347-1357.

Sette, O.E. 1950. Biology of the Atlantic mackerel (Scomber scombrus) of North America. Part 2. Migration and habits. U.S. Fish. Wildl. Serv., Fish. Bull. 51: 251-358.

Tableau 1. Liste des stations d'échantillonnage, positions, dates et nombre d'estomacs prélevés (années 1979 et 1980 combinées).

STATION	ZONE	POSITION		DATE DES PRÉLEVEMENTS	NOMBRE D'ESTOMACS PRÉLEVÉS
		LONGITUDE	LATITUDE		
Bassin Emerald (N-E)	EME	64.0	44.0	17-07	20
				19-10	3
				03-11	8
				04-11	2
Baie West Dover (N-E)	ECO	63.5	44.2	20-06	47
Anse Boutillier (N-E)	ECO	63.5	44.3	05-07	32
				26-09	27
Baie St-Margaret (N-E)	ECO	63.5	44.4	08-06	7
				26-06	12
				28-06	33
Queensport (N-E)	BRE	61.2	45.2	06-11	24
Louisbourg (N-E)	BRE	59.5	45.5	04-09	21
				05-09	24
Souris (I-P-E)	IPE	62.0	46.3	08-06	6
Read Head (I-P-E)	IPE	62.4	46.3	12-07	1
				13-07	1
				17-07	4
Cove Head (I-P-E)	IPE	63.0	46.3	02-07	6
				23-07	1
Alberton Off (I-P-E)	IPE	63.3	46.4	03-07	2
				06-07	3
Alberton (I-P-E)	IPE	63.5	46.4	12-06	1
				18-06	1
Anse Richibucto (N-B)	IPE	64.4	46.4	05-07	2

Tableau 1. (suite)

Tignish (I-P-E)	IPE	63.5	46.5	28-05	10
				30-05	1
				31-05	4
				01-06	4
Miminigash (I-P-E)	IPE	64.1	46.5	11-06	1
				19-06	1
North Point (I-P-E)	IPE	63.5	47.0	01-06	3
Shippagan (N-B)	CHA	64.4	47.4	24-07	2
				01-08	1
Caraquet (N-B)	CHA	64.5	47.4	28-08	13
				29-08	4
Carleton (QC)	CHA	66.0	48.0	12-06	4
				30-06	19
				21-07	4
TOTAL					359

Tableau 2. Résumé des données biologiques des maquereaux aux 18 stations d'échantillonnage.

STATION	DATES DES PRÉLEVEMENTS	LONGUEUR MOYENNE (cm)	POIDS MOYEN (g)	RAPPORT DES SEXES	POIDS MOYEN GONADES (g)	POIDS MOYEN ESTOMAC (g)	VOLUME DÉPLACÉ MOYEN (ml)
Bassin Emerald (N-E)	17-07	37.83	646.16	--	--	14.68	7.95
	*19-10	35.00	380.00	--	--	--	2.50
	03-11	18.37	54.38	7/1	--	--	2.25
	*04-11	22.50	120.00	0/2	--	--	6.00
Baie West Dover (N-E)	20-06	37.35	598.12	--	--	10.73	6.37
Anse Boutillier (N-E)	05-07	36.10	572.19	--	--	18.54	3.91
	26-09	34.46	425.62	--	--	7.95	5.63
Baie St-Margaret (N-E)	08-06	34.57	471.71	--	--	6.76	4.00
	26-06	36.54	619.39	--	--	9.87	5.37
	28-06	33.89	503.26	7/6	--	8.50	3.41
Queensport (N-E)	06-11	38.90	617.71	8/14	--	--	1.69
Louisbourg (N-E)	04-09	37.39	589.50	8/13	--	--	10.14
	05-09	35.63	520.95	11/11	--	--	5.65
Souris (I-P-E)	08-06	35.72	531.30	0/6	69.91	--	3.67
Read Head (I-P-E)	*12-07	33.10	422.00	0/1	16.21	--	6.00
	*13-07	38.60	654.10	1/0	--	--	3.00
	*17-07	35.03	509.87	2/2	--	--	16.25
Cove Head (I-P-E)	02-07	36.73	621.87	1/5	56.58	--	5.25
	*23-07	32.30	397.40	0/1	2.05	--	1.00
Alberton Off (I-P-E)	*03-07	37.50	702.00	0/1	126.74	--	--
	*06-07	36.87	657.00	0/3	69.57	--	1.50

Tableau 2. (suite)

Alberton	*12-06	41.20	803.60	0/1	—	—	—
(I-P-E)	*18-06	37.40	675.70	0/1	64.56	—	15.00
Anse Richibucto	*05-07	37.35	676.00	0/2	11.30	—	27.00
(N-B)							
Tignish	28-05	37.02	596.75	7/3	86.52	—	2.05
(I-P-E)	*30-05	41.50	859.80	0/1	127.64	—	4.50
	*31-05	37.17	658.98	2/2	87.31	—	2.00
	*01-06	37.60	617.65	1/3	84.27	—	1.75
Miminigash	*11-06	37.60	617.65	1/0	84.27	—	1.75
(I-P-E)	*19-06	33.40	433.10	1/0	—	—	3.00
North Point	*01-06	40.80	831.73	0/3	134.19	—	2.67
(I-P-E)							
Shippagan	*24-07	35.50	516.45	2/0	—	—	18.50
(N-B)	*01-08	33.90	438.10	0/1	—	—	9.00
Caraquet	28-08	37.90	613.46	7/6	—	--	7.15
(N-B)	*29-08	35.17	512.50	1/3	—	--	2.62
Carleton	*12-06	38.25	675.62	--	--	27.92	22.75
(QC)	30-06	35.55	522.31	--	--	8.48	5.63
	*21-07	37.75	622.43	--	--	16.90	14.50

*: Moyenne calculée sur moins de cinq (5) individus.

Tableau 3. Pourcentages d'occurrence des diverses proies constituant le régime alimentaire du maquereau pour chacune des zones (IPE = Ile-du-Prince-Edouard, CHA = Baie des Chaleurs, ECO = Nouvelle-Ecosse, EME = Bassin Emerald, BRE = Ile-du-Cap-Breton).

TYPE DE PROIES	ZONES					
	IPE	CHA	ECO	EME	BRE	MOYENNE
Kinorhyncha	0.00	0.00	0.63	0.00	3.03	0.73
Nematoda	45.59	26.67	75.47	4.35	42.42	38.90
Mollusca	2.94	6.67	1.89	15.94	6.06	6.70
Copepoda						
Calanidae	50.00	23.33	10.06	59.42	27.27	34.02
Autres Calanoida	67.74	76.67	28.30	71.01	45.45	57.83
Centropagidae	10.29	13.33	21.38	21.74	27.27	18.80
Pseudocalanidae	19.12	33.33	14.47	72.46	12.12	30.30
Temoridae	70.59	86.67	61.01	97.10	30.30	69.13
Autres Copedoda	10.29	6.67	8.80	7.25	12.12	9.03
Malacostraca						
Amphipoda	0.00	13.33	5.66	4.35	36.36	11.94
Mysidacea	0.00	0.00	0.00	0.00	3.03	0.61
Euphausiacea	2.94	26.67	0.00	14.49	9.09	10.64
Decapoda	26.47	40.00	1.89	76.81	24.24	33.88
Branchiopoda Cladocera	20.59	20.00	15.72	65.22	9.09	26.12
Cirripedia	14.71	3.33	1.26	1.45	0.00	4.15
Oeufs invertébrés	0.00	3.33	2.52	0.00	3.03	1.78
Oeufs poissons	45.59	43.33	20.13	2.89	21.21	26.63
Larves non identifiées	66.18	46.67	84.28	11.59	96.97	61.14
Ecailles	13.24	3.33	69.81	49.28	60.61	39.25
Autres	1.47	0.00	2.52	8.69	12.12	4.96

Tableau 4. Fréquences numériques (%) moyennes des proies constituant le régime alimentaire du maquereau pour chacune des zones (IPE = Ile-du-Prince-Edouard, CHA = Baie des Chaleurs, ECO = Nouvelle-Ecosse, EME = Bassin Emerald, ERE = Ile-du-Cap-Breton).

TYPES DE PROIES	ZONES					
	IPE	CHA	ECO	EME	ERE	MOYENNE
Kinorhyncha	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Nematoda	11.43	1.97	45.06	0.00	12.67	14.23
Mollusca	0.03	0.36	0.08	0.60	0.12	0.24
Copepoda						
Calanidae	17.86	0.23	1.24	1.16	6.17	5.33
Autres Calanoida	16.50	22.14	6.10	12.02	10.39	13.43
Centropagidae	0.08	0.07	0.83	0.51	15.06	3.31
Pseudocalanidae	0.43	0.47	0.42	8.21	0.45	2.00
Temoridae	32.02	40.05	27.17	58.47	4.78	32.50
Autres Copepoda	0.03	0.31	0.36	0.16	3.76	0.92
Malacostraca						
Amphipoda	0.00	0.06	0.41	0.06	5.02	1.11
Mysidacea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.14
Euphausiacea	0.06	16.34	0.00	0.18	2.38	3.79
Decapoda	1.98	2.60	0.11	0.40	4.11	1.84
Branchiopoda Cladocera	0.27	0.26	1.13	16.14	1.07	3.77
Cirripedia	1.03	0.04	0.11	0.00	0.00	0.24
Oeufs invertébrés	0.00	0.95	1.12	0.00	0.83	0.58
Oeufs poissons	9.36	4.21	2.31	1.52	2.38	3.96
Larves non identifiées	8.91	9.93	13.45	0.34	29.30	12.39
Ecailles *						
Autres	0.01	0.00	0.11	0.22	0.80	0.23

* Les présences et absences seulement ont été enregistrées.

Tableau 5. Pourcentages d'occurrence des diverses proies constituant le régime alimentaire du maquereau pour chacune des saisons.

TYPE DE PROIES	SAISONS			
	Printemps	Été	Automne	Moyenne
Kinorhyncha	0.00	0.49	1.56	0.68
Nematoda	72.22	48.78	17.19	46.06
Mollusca	2.22	6.34	7.81	5.46
Copepoda				
Calanidae	40.00	30.24	32.81	34.35
Autres Calanoida	22.22	51.22	76.56	50.00
Centropagidae	5.56	10.73	65.63	27.31
Pseudocalanidae	4.44	23.90	59.38	29.24
Temoridae	61.11	68.29	82.81	70.74
Autres Copepoda	10.00	5.85	17.19	11.01
Malacostraca				
Amphipoda	4.44	6.34	17.19	9.32
Mysidacea	0.00	0.00	1.56	0.52
Euphausiacea	3.33	9.27	1.56	4.72
Decapoda	11.11	19.51	10.94	13.85
Branchiopoda				
Cladocera	12.22	36.10	12.50	20.27
Cirripedia	11.11	1.95	0.00	4.35
Oeufs invertébrés	3.33	1.46	0.00	1.59
Oeufs poissons	38.89	20.49	12.50	23.96
Larves non identifiées	90.00	62.44	37.50	63.31
Ecailles	37.78	40.49	90.63	56.30
Autres	0.00	2.44	15.63	6.02

Tableau 6. Fréquences numériques (%) moyennes des proies constituant le régime alimentaire du maquereau pour chacune des saisons.

Type de proies	Saisons			
	Printemps	Eté	Automne	Moyenne
Kinorhyncha	0.00	0.00	0.00	0.00
Nematoda	0.50	19.69	35.72	18.64
Mollusca	0.69	0.10	0.11	0.30
Copepoda				
Calanidae	3.96	5.41	6.28	5.22
Autres Calanoida	16.84	13.60	4.74	11.73
Centropagidae	11.23	0.15	0.18	3.85
Pseudocalanidae	6.38	1.54	0.14	2.69
Temoridae	49.78	36.43	17.60	34.60
Autres Copepoda	2.13	0.15	0.43	0.90
Malacostraca				
Amphipoda	1.77	0.43	0.37	0.86
Mysidacea	0.39	0.00	0.00	0.13
Euphausiacea	0.07	1.69	3.85	1.87
Decapoda	2.08	1.01	1.19	1.43
Branchiopoda				
Cladocera	0.11	6.14	1.24	2.50
Cirripedia	0.00	0.04	0.97	0.34
Oeufs invertébrés	0.00	0.52	1.13	0.55
Oeufs poissons	1.86	1.84	9.80	4.50
Larves non identifiées	1.51	11.17	16.26	9.65
Ecailles *				
Autres	0.70	0.06	0.00	0.25

* Les présences et absences seulement ont été enregistrées.

Tableau 7. Pourcentages d'occurrence des diverses proies constituant le régime alimentaire du maquereau pour chaque classe de taille (classe 1: ≤ 34.5 cm, classe 2: > 34.5 et < 38.7 cm, classe 3: ≥ 38.7 cm).

Type de proies	Classes de taille			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Moyenne
Kinorhyncha	1.98	0.00	0.00	0.66
Nematoda	47.52	51.22	46.81	48.52
Mollusca	3.96	7.93	3.19	5.03
Copedoda				
Calanidae	25.74	29.88	34.04	29.89
Autres Calanoida	48.51	50.61	44.68	47.93
Centropagidae	26.73	15.24	18.08	20.02
Pseudocalanidae	25.74	24.39	26.60	25.58
Temoridae	57.42	76.22	69.15	67.60
Autres Copepoda	8.91	7.93	10.64	9.16
Malacostraca				
Amphipoda	12.87	6.71	4.26	7.95
Mysidacea	0.99	0.00	0.00	0.33
Euphausiacea	1.98	7.32	9.57	6.29
Decapoda	16.83	16.46	13.83	15.71
Branchiopoda				
Cladocera	21.78	28.66	25.53	25.32
Cirripedia	4.95	3.66	3.19	3.93
Oeufs invertébrés	1.98	1.83	1.06	1.62
Oeufs poissons	19.80	26.83	22.34	22.99
Larves non identifiées	70.30	64.02	60.64	64.99
Ecailles	58.42	43.90	46.81	49.71
Autres	6.93	1.83	5.32	4.69

Tableau 8. Fréquences numériques (%) moyennes des proies constituant le régime alimentaire du maquereau pour chaque classe de taille (classe 1: ≤ 34.5 cm, classe 2: > 34.5 et < 38.7 cm, classe 3: ≥ 38.7 cm).

Type de proies	Classes de taille			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Moyenne
Kinorhyncha	0.01	0.00	0.00	0.00
Nematoda	18.79	19.88	24.44	21.04
Mollusca	0.10	0.36	0.01	0.16
Copepoda				
Calanidae	6.23	5.65	4.09	5.32
Autres Calanoida	13.98	12.81	7.66	11.48
Centropagidae	3.77	1.43	0.56	1.92
Pseudocalanidae	1.34	2.50	1.73	1.86
Temoridae	28.98	34.69	37.23	33.63
Autres Copepoda	1.18	0.31	0.34	0.61
Malacostraca				
Amphipoda	1.19	0.29	0.67	0.72
Mysidacea	0.24	0.00	0.00	0.08
Euphausiacea	0.06	1.56	4.84	2.15
Decapoda	2.03	0.87	1.05	1.32
Branchiopoda				
Cladocera	3.83	4.08	3.35	3.75
Cirripedia	0.31	0.34	0.14	0.26
Oeufs invertébrés	0.52	0.80	0.30	0.54
Oeufs poissons	3.04	5.10	3.01	3.72
Larves non identifiées	14.04	9.31	10.45	11.27
Ecailles *				
Autres	0.36	0.04	0.15	0.18

* Les présences et absences seulement ont été enregistrées.

Tableau 9. Statistiques générales de l'indice de diversité Shannon-Wiener pour chaque zone et saison et test de rang Kruskal-Wallis (avec approximation du Chi-carré) vérifiant l'égalité de l'indice par saison.

Saison	Zone	N	Moyenne	Ecart-Type	Etendue
Printemps	IPE	32	0.95	0.37	0.18 - 1.32
	CHA	4	0.38	0.30	0.10 - 0.81
	ECO	54	1.00	0.38	0.04 - 1.32
		Chi-carré = 6.58	DL = 2	P< 0.05	
Été	IPE	36	0.38	0.31	0.02 - 1.32
	CHA	26	0.77	0.42	0.05 - 1.32
	ECO	78	0.86	0.41	0.03 - 1.32
	EME	45	0.41	0.10	0.14 - 0.64
	BRE	20	1.20	0.15	0.70 - 1.32
		Chi-carré = 74.01	DL = 4	P< 0.001	
Automne	ECO	27	0.37	0.10	0.16 - 0.55
	EME	24	0.87	0.15	0.60 - 1.27
	BRE	13	0.88	0.33	0.34 - 1.29
		Chi-carré = 39.54	DL = 2	P< 0.001	

Tableau 10. Probabilités de la statistique Z de Mantel sous l'hypothèse nulle d'absence de relation entre les matrices de similarité et de modèle lors des comparaisons de zones. Les probabilités sont significatives près de 0 et de 1.

Zones comparées	R	R. Standard Hubert	Permutation Prob (R)	Approximation T	Prob (T)	Seuil
IPE - CHA	0.04443	0.38819	0.86000	1.10939	0.86637	n.s.
IPE - ECO	0.05871	—	—	2.43882	0.99263	P<0.01
IPE - EME	0.05378	1.00000	0.99600	9.10588	1.00000	P<0.001
IPE - BRE	0.19271	1.00000	0.99600	5.32590	1.00000	P<0.001
CHA - ECO	0.06772	1.00000	0.99600	3.38109	0.99964	P<0.001
CHA - EME	0.13218	0.76332	0.99200	2.85839	0.99787	P<0.01
CHA - BRE	0.11707	1.00000	0.99600	6.83134	1.00000	P<0.001
ECO - EME	-0.03291	—	—	-1.41895	0.07796	n.s.
ECO - BRE	0.18158	1.00000	0.99600	4.72512	1.00000	P<0.001
EME - BRE	0.31628	1.00000	0.99600	7.96802	1.00000	P<0.001

Tableau 11. Probabilités de la statistique Z de Mantel sous l'hypothèse nulle d'absence de relation entre les matrices de similarité et de modèle lors des comparaisons des saisons. Les probabilités sont significatives près de 0 et de 1.

Périodes comparées	R	R. Standard Hubert	Permutation Prob (R)	Approximation T	Approximation Prob (T)	Seuil
Printemps - été	0.07036	—	—	3.24245	0.99941	P<0.001
Printemps - automne	-0.03633	-1.00000	0.00400	-2.32304	0.01009	P<0.05
Été - automne	-0.10101	—	—	-3.30535	0.00047	P<0.001

Tableau 12. Probabilités de la statistique Z de Mantel sous l'hypothèse nulle d'absence de relation entre les matrices de similarité et de modèle selon les classes de longueur pour toutes les zones ou toutes les saison. Les probabilités sont significatives près de 0 et de 1.

Classes comparées	R	R. Standard Hubert	Permutation Prob (R)	Approximation T	Approximation Prob (T)	Seuil
1 - 2	0.01941	—	—	1.23727	0.89201	n.s.
1 - 3	0.00032	0.01650	-0.60400	0.05835	0.52327	n.s.
2 - 3	0.01244	—	—	0.71200	0.76177	n.s.

Classe 1 : ≤ 34.5 cm

Classe 2 : > 34.5 et < 38.7 cm

Classe 3 : ≥ 38.7 cm

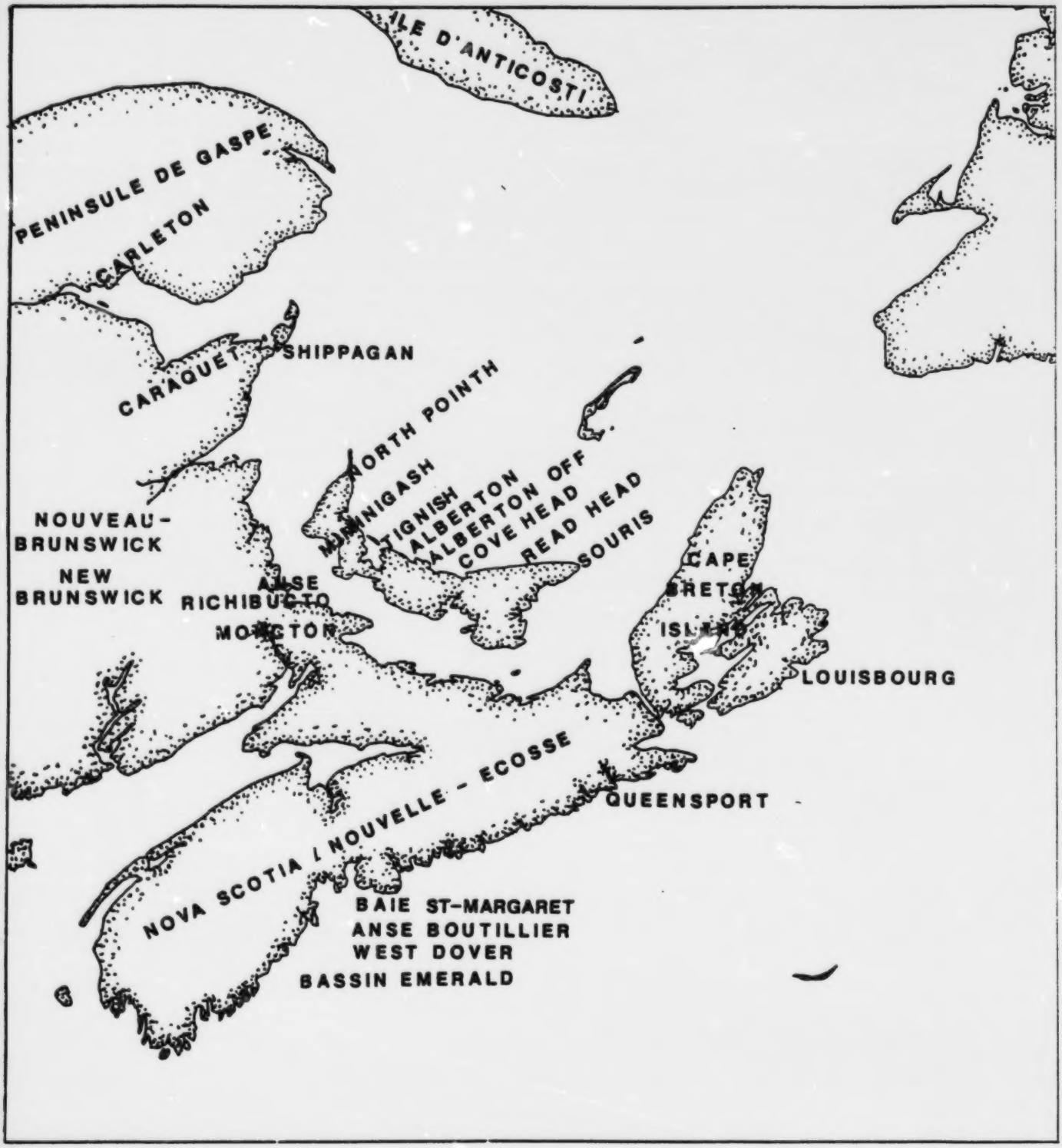

Figure 1. Carte de la côte est canadienne illustrant la position des 18 stations d'échantillonnage.

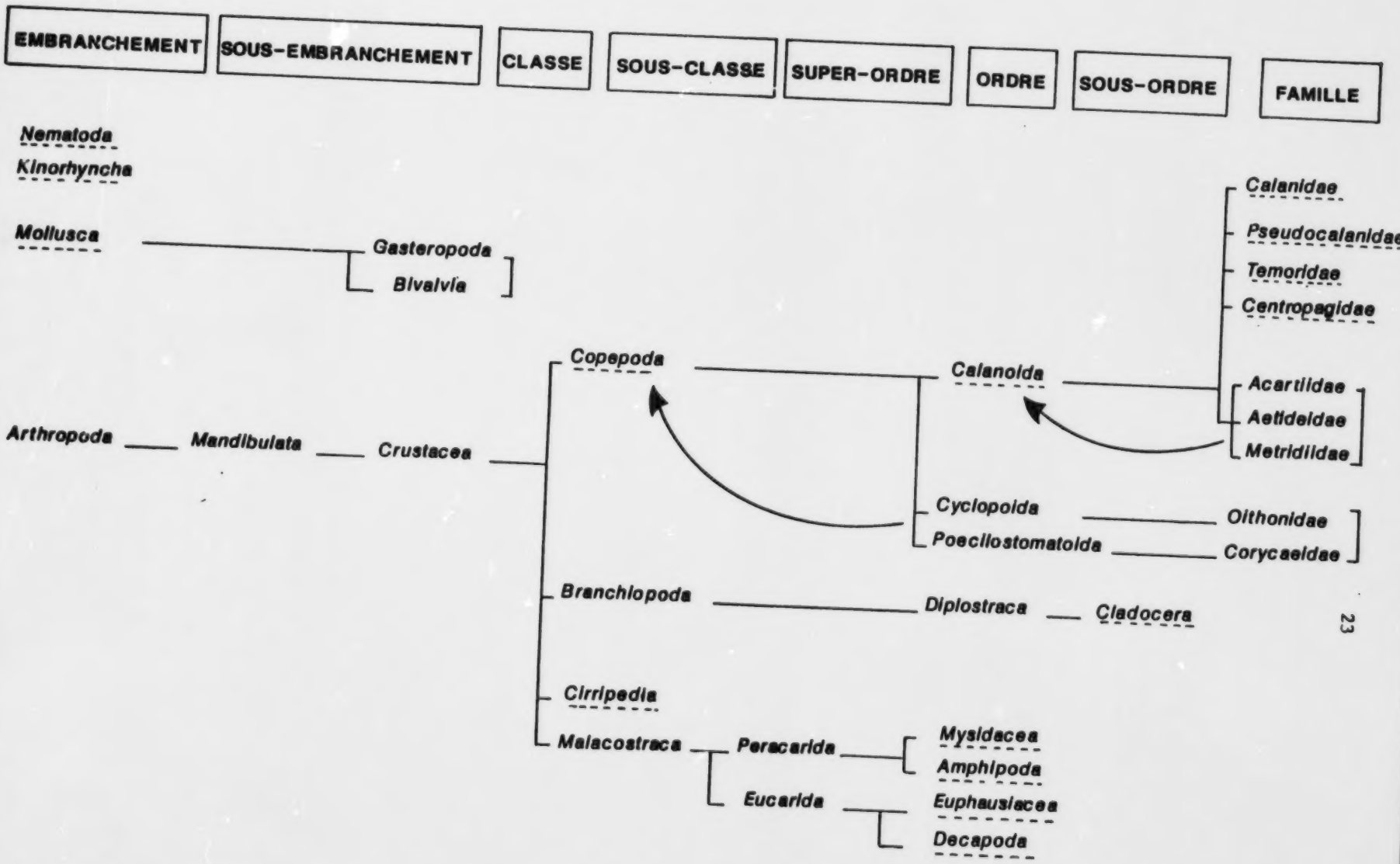

Figure 2. Classification des diverses proies rencontrées lors de la présente étude. Le trait pointillé indique le niveau systématique utilisé.